

Quelles stratégies pour améliorer l'intégration agriculture-élevage dans des exploitations de savane ouest-africaine ? Approches par simulation avec les producteurs

Sempore Aristide, CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso ; IDR Burkina Faso,
E-mail : semporearistide@yahoo.fr
Andrieu Nadine, Cirad, Montpellier, France, E-mail : nadine.andrieu@cirad.fr
Le Gal Pierre-Yves, Cirad, Montpellier, France
Nacro Hassan B., IDR, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso
Sedogo Michel P., INERA, Ouagadougou, Burkina Faso

Résumé

En Afrique sub-saharienne, les principales contraintes à la production agricole et pastorale sont liées à la dégradation des ressources naturelles et à l'inadaptation de certains systèmes de production. Pour y remédier, l'intégration entre systèmes de culture et d'élevage dans les exploitations mixtes dominantes dans cette zone apparaît depuis plusieurs décades comme l'alternative à privilégier pour améliorer durablement leur productivité. Cette étude vise à analyser, par voie de simulation sur des exploitations réelles, les intérêts et limites des stratégies d'intégration agriculture-élevage. L'étude s'est déroulée dans la zone ouest du Burkina Faso avec 6 producteurs relevant de trois types : agriculteurs, agro-éleveurs et éleveurs. Ils ont participé à une démarche de co-conception de stratégies alternatives assistée par simulation numérique. Les résultats confirment le faible niveau d'intégration des systèmes de culture et d'élevage au sein des exploitations des agriculteurs et agro-éleveurs. Bien que les changements simulés soient difficilement réalisables sur le court terme, leur mise en œuvre permet d'améliorer de 11 à 90 % les doses d'apports de fumure organique sur le maïs qui influencent positivement les bilans céréaliers et de 50 % l'utilisation de la biomasse par le troupeau. Toutefois ces changements restent limités pour améliorer durablement la productivité agricole car chez les agriculteurs et agro-éleveurs, la part de la superficie totale fertilisée est inférieure à 20 %. Dans ce contexte, l'intégration agriculture-élevage ne permet donc pas d'augmenter de façon significative la productivité des exploitations, et devrait être combinée à l'utilisation d'engrais minéraux.

What strategies to improve crop-livestock integration on farms on the savannas of West Africa? Simulation approaches with farmers

In sub-saharan Africa, the main constraints on crop and livestock production are related to the degradation of natural resources and the inability of certain production systems to adapt. For several decades, the integration of crop and livestock systems on the mixed farms which are common in this area has appeared to be a suitable option to sustainably improve their productivity. This study aims to analyze, using simulations on actual farms, the advantages and disadvantages of crop-livestock integration strategies. The study was conducted in western Burkina Faso with six farmers who fall into three types: crop farmers, crop-livestock farmers, and livestock farmers. They participated in the co-construction of alternative strategies assisted by computer simulations. The results confirm the low level of integration of crop and livestock systems on the crop and crop-livestock farms. While the simulated changes are difficult to realize over the short term, their implementation would allow an 11 to 90% improvement in the doses of organic fertilizer applications on maize, which has a positive influence on cereal balances, and a 50% improvement in the use of biomass by herds. Nonetheless, the capacity of these changes to sustainably improve agricultural productivity remains limited because less than 20% of fields are fertilized on the crop and crop-livestock farms. In this context, crop-livestock integration thus does not allow a significant increase in farm productivity, and should be combined with the use of mineral fertilizer.

1. Introduction

L'augmentation de la population est l'un des plus grands défis posé à l'agriculture en Afrique sub-saharienne (Pretty et al., 2011). Elle se traduit par une augmentation de la demande en produits agricoles et alimentaires et par une pression accrue sur les ressources naturelles. De ce fait, les producteurs doivent concevoir des stratégies innovantes pour augmenter la production agro-pastorale tout en gérant durablement les ressources naturelles (Zingore et al., 2007; Reij, Smaling, 2008). On note ainsi la prédominance d'exploitations mixtes de polyculture-élevage (Herrero et al., 2010), dans lesquelles 10 % ou plus de la matière sèche donnée au bétail provient des sous-produits des cultures (Sere, Steinfeld, 1996). Ces exploitations recouvrent des situations variées, depuis des cultivateurs ayant introduit l'élevage comme source d'énergie animale (Gautier et al., 2005), jusqu'à des pasteurs sédentarisés ayant développé les cultures pour couvrir leurs besoins alimentaires (Vall et al., 2003; Schlecht, Buerkert, 2004). Dans tous les cas, la combinaison des productions végétales et animales permet une diversification des revenus de l'exploitation.

L'intégration agriculture-élevage constitue une alternative pour améliorer durablement la productivité de ces exploitations, en jouant sur les flux entre les deux composantes (Smith et al., 1997; Lhoste, 2007). Ces flux incluent (1) le transfert de l'énergie développée par les animaux de trait vers les systèmes de culture et d'élevage via la culture attelée et le transport des intrants, les produits agricoles et les fourrages (Jansen 1993; Vall et al., 2006); (2) le transfert des fourrages provenant en partie des résidus de cultures stockés et marginalement des cultures fourragères (Petersen et al., 2007; Jera, Ajayi, 2008); (3) le transfert de la fumure organique produite par les animaux et le recyclage des résidus de culture pour le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols (Giller et al., 2006; Basu, Scholten, 2012). L'autonomie et la viabilité des exploitations, et par là leur revenu, s'en trouvent potentiellement améliorés (Powell et al., 2004).

De nombreux travaux montrent que le niveau d'intégration entre agriculture et élevage est perfectible dans les exploitations agricoles d'Afrique sub-saharienne (Herrero et al., 2010; Pretty et al., 2011). En Afrique de l'Ouest, la traction animale est la plus répandue des composantes de cette intégration, où elle a surtout permis l'extension des surfaces cultivées au détriment d'une intensification durable des systèmes de production (Dugué, Dongmo, Ngoutso, 2004). Les transferts de fourrages et de fumure organique se développent plus lentement (Ouédraogo et al., 2001) bien qu'ils permettent une amélioration durable de la production agropastorale (Petersen et al., 2007; Bationo et al., 2007). De nombreuses études décrivent les stratégies d'intégration agriculture-élevage mises en œuvre par les producteurs (Manlay et al., 2004; Hilimire, 2011; Pretty et al., 2011; Basu, Scholten, 2012), ou font des propositions de stratégies alternatives basées sur une meilleure valorisation des sous-produits de l'agriculture et de l'élevage (Tittonell et al., 2009). Mais peu de travaux sont consacrés à l'analyse, du point de vue des producteurs, de la mise en œuvre de ces stratégies alternatives.

Cette communication vise à évaluer avec les producteurs et par voie de simulation, l'efficacité de leurs stratégies actuelles et des stratégies alternatives d'intégration agriculture-élevage.

2. Matériels et méthode

2.1. La zone d'étude

L'étude a été menée dans le village de Koumbia situé en zone cotonnière ouest du Burkina Faso (latitude 12° 42' et longitude 4° 24'), comprise entre les isohyètes 800 et 1 000 mm par an. Le climat de cette zone se caractérise par une saison des pluies qui va de mai à octobre,

une saison sèche froide (octobre-février) et une saison sèche chaude (mars-avril). Les sols rencontrés dans la zone sont en majorité de type ferrugineux tropical lessivé et peu lessivé, avec par endroit des sols bruns eutrophes et des sols hydromorphes (Boulet, Leprun, 1969; Bunasols, 1985). Ces sols sont caractérisés par leurs teneurs très faibles en carbone, phosphore et azote (Lompo et al., 2007) et leur structure fragile.

La pression anthropique sur les ressources agro-sylvo-pastorales de cette zone est élevée, avec une densité de la population de 66 habitants/km². L'emprise agricole a été estimée à 53 % de la surface du territoire et la charge actuelle en bétail (0,48 ha/UBT/an) est légèrement supérieure à la capacité moyenne de charge (0,40 ha/UBT/an) (Vall, Diallo, 2009). Cette pression anthropique entraîne une compétition sur les espaces agro-sylvo-pastoraux villageois occasionnant des conflits fréquents entre les différents acteurs qui les utilisent (Vall et al., 2006). Trois principaux types de producteurs ont été identifiés dans cette zone : les agriculteurs avec traction animale, cultivant du coton et des céréales destinées à l'autoconsommation et à la vente (78 % des producteurs), les éleveurs peulhs (10 %) semi-sédentarisés pratiquant l'élevage transhumant des bovins et une agriculture d'autosubsistance, les agro-éleveurs (12 %) disposant d'une main-d'œuvre familiale importante pour cultiver de grandes surfaces, ayant constitué un noyau d'élevage grâce aux revenus du coton et développé la forme d'intégration agriculture-élevage la plus aboutie (Vall et al., 2006).

2.2. Choix des producteurs et informations collectées

Six exploitations représentatives des trois types de producteurs identifiés par Vall et al. (2006) ont été choisies dans cet échantillon sur la base de leur disponibilité et intérêt, pour participer à une démarche de co-conception de stratégies alternatives d'intégration agriculture-élevage assistée par simulation numérique. Une approche par étude de cas a été adoptée pour sa pertinence dans ce type de recherche (Muchagata, Brown, 2003; Hostiou, Dedieu, 2009; Bernard et al., 2011). Différents scénarios ont été conçus et discutés lors d'entretiens individuels avec les producteurs avant la campagne agricole de 2012, et leurs pratiques ont été suivies durant cette campagne. La nature des changements opérés suite aux simulations a ainsi pu être analysée.

2.3. L'outil de simulation utilisé

La recherche a développé de nombreux outils de simulation permettant d'analyser différents systèmes de polyculture-élevage innovants (Sterk et al., 2006; van Wijk et al., 2009). Mais ces outils sont souvent exigeants en données de base et trop complexes pour être utilisables dans des recherches visant à interagir avec les acteurs (Keating, McCown, 2001). L'outil de simulation utilisé dans cette étude a été construit avec les producteurs et techniciens de ce village et développé sous tableur (Andrieu et al., 2012). Il s'agit d'un modèle *ad hoc* (Affholder et al., 2012) simulant le fonctionnement technico-économique d'une exploitation à l'échelle d'une année divisée en trois saisons : la saison des pluies, la saison sèche froide et la saison sèche chaude. L'outil comporte sept modules représentant les interactions entre systèmes de culture et d'élevage au sein des exploitations (Figure 1) : ressources de l'exploitation, système d'élevage, système de culture, système fourrager, production de fumure organique, fertilisation et économie de l'exploitation. Cinq cultures sont prises en compte vu leur importance dans la zone d'étude : le coton, le maïs, le sorgho, le niébé et le niébé fourrager (ou *Mucuna deeringiana*).

L'outil calcule, pour une configuration donnée d'une exploitation, une série de bilans entre offres et demandes en ressources, ainsi que les résultats économiques des activités agro-pastorales. Ces calculs sont réalisés pour trois types d'années climatiques (favorable, moyenne

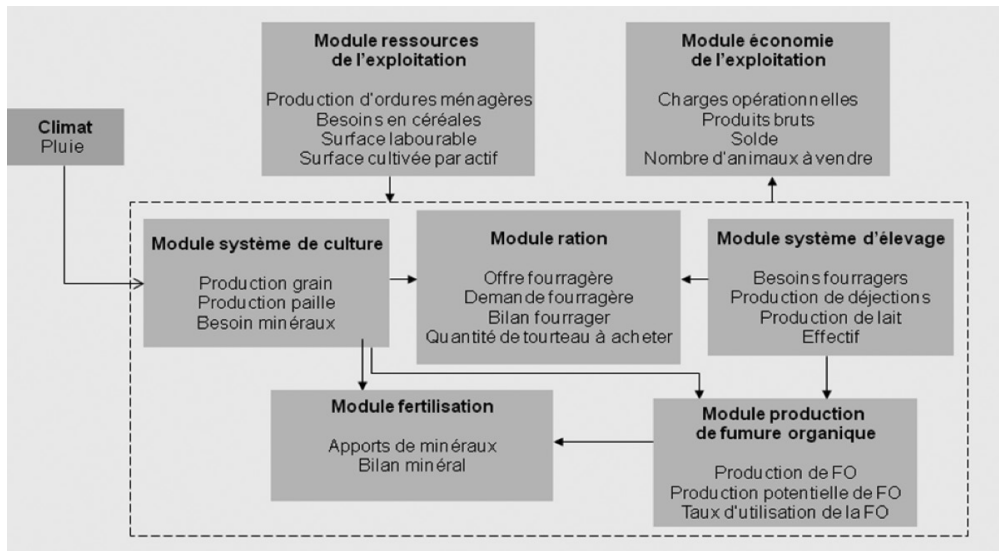


Figure 1. Modèle conceptuel : Cikada (Andrieu et al., 2012). Chaque case correspond à un module, son nom est précisé en haut de la case en gras, ses principales sorties en petits caractères.

et défavorable) en fonction de l'abondance et de la répartition des pluies dans l'espace et dans le temps. Sur la base des déclarations des producteurs, le bilan céréalier est calculé en faisant la différence entre l'offre et la demande en céréales, compte tenu de la taille de la famille. L'offre en céréales est fonction des superficies emblavées en sorgho et en maïs que multiplie le rendement de ces cultures. L'outil ne comportant pas de relations mécanistes entre le climat, la fertilisation appliquée et le rendement obtenu, l'utilisateur doit saisir une combinaison (année climatique, fertilisation, rendement) jugée réaliste sur la base des connaissances expertes (agriculteurs, techniciens, chercheurs) et de certaines références bibliographiques comme celle de Traore et al. (2007).

Le bilan fourrager fait la différence entre l'offre en pailles et en fourrages cultivés issus de l'exploitation et stockés, compte tenu de la capacité de stockage de résidus au sein de l'exploitation, et les besoins fourragers des animaux que le producteur souhaite affourager en saison sèche chaude, période la plus critique pour l'alimentation des animaux. Cinq lots sont considérés : les bœufs de trait, bovins d'élevage, vaches laitières, bœufs d'embouche, petits ruminants. Le producteur a la possibilité de choisir au sein de chacun des lots le nombre exact d'animaux affouragés. Un bilan fourrager déficitaire est compensé par des achats de tourteaux.

Le bilan minéral prend en compte les apports d'engrais minéraux (NPK, urée) déclarés en entrée, et l'apport de fumure organique. Cet apport est fonction de la production de fumure calculée par le modèle à partir des déjections produites par les animaux, des refus des stocks fourragers et des ordures ménagères de la famille dans le cas du fumier. Le revenu est calculé en faisant la différence entre les productions végétales et animales vendues et les coûts estimés de main-d'œuvre, les achats d'animaux, les frais vétérinaires, de sel et d'autres intrants. Les céréales vendues tiennent compte des quantités autoconsommées par les membres de l'exploitation. Le coton vendu correspond à la production calculée par le modèle. Les ventes d'animaux et l'ensemble des dépenses sont déclarées par le producteur en entrée.

2.4. La démarche d'interactions avec les producteurs

L'interaction individuelle entre producteur et chercheur est basée sur la méthode d'analyse de scénarios (Bood, Postma, 1997). Chaque scénario représente un futur possible pour l'exploitation, caractérisé par une configuration donnée de ses ressources et de ses activités. Deux types de scénarios sont co-construits successivement avec chaque producteur : (1) un scénario représentant la situation actuelle de l'exploitation en matière d'intégration agriculture-élevage (S_0), puis (2) un scénario projet (S_i) basé sur l'analyse de S_0 , visant à améliorer durablement la productivité de l'exploitation. S_0 permet au producteur de s'approprier la démarche et d'évaluer la qualité de la représentation qui est faite de son exploitation, et au chercheur de calibrer certaines variables mal connues du producteur (prix des intrants et produits agro-pastoraux). S_i est évalué en comparant ses sorties avec celles de S_0 , notamment en termes d'intégration agriculture-élevage mesurée à travers le bilan fourrager et la quantité de fumure organique apportés par hectare. S_i est ensuite évalué en fonction de la faisabilité des changements qu'il implique, eux-mêmes classés en trois types : structurel lorsque des éléments de structure de l'exploitation sont modifiés ; stratégique lorsque les modifications concernent les activités productives de l'exploitation ; tactique pour les changements de conduite des ateliers de production (Bradshaw et al., 2004).

La démarche a été évaluée avec chaque producteur selon deux procédures. Les changements tactiques discutés ont été comparés aux pratiques effectives lors de la campagne agricole suivante sur la base des suivis des activités agricoles. Les changements structurels et stratégiques non directement implémentés durant la période d'interaction ont fait l'objet d'une évaluation par le producteur.

3. Résultats

3.1. Situation initiale de chaque exploitation (S_0)

Les caractéristiques initiales de chaque exploitation (scénario S_0) sont présentées dans le tableau 1.

Chez les agriculteurs, la capacité de stockage de la fumure organique sous forme d'ordure ménagère et/ou de fumier, de l'ordre de 800 et 1 000 kg par hectare de maïs cultivé, ne permet pas d'apporter une fumure organique conforme à la dose de 2 000 kg/ha/an recommandée par les structures de développement (Figure 2a). De 8 à 15 % seulement de la surface totale cultivée pourrait recevoir cette dose (Figure 2b). Ces exploitations rencontrent des problèmes de baisse de rendements des cultures depuis plus de 10 ans pour A1 et plus de 5 ans pour A2, se traduisant par une faible couverture des besoins céréaliers de la famille si l'année est défavorable et un revenu négatif (Figures 4c et Figure 5c). Le bilan fourrager de A2 est excédentaire quel que soit le type d'année climatique mais est déficitaire chez A1 en année climatique favorable et moyenne où seule la paille de maïs est utilisée. En effet, lorsque l'année climatique est défavorable, la proportion des fanes de niébé, riches en azote, augmente dans les stocks fourragers du fait d'une diminution de la proportion des tiges de céréales, plus sensibles à la baisse de la pluviométrie.

Chez les agro-éleveurs, AE1 a une grande capacité de stockage de la fumure organique (4 000 kg de fumure organique par ha de maïs cultivé). Mais sa faible capacité de stockage du fourrage (150 kg/UBT) l'amène à n'alimenter que les bœufs de trait, ce qui limite les quantités de litière et de déjections animales recueillies et par conséquent, la production de fumure organique (Figures 2a et 2b). Cela se traduit par une baisse de rendement des cultures et un déficit céréalier en cas d'année défavorable (Figure 4c). Le producteur AE2 rencontre également des problèmes de baisse de rendement des cultures depuis plus de 10 ans due aux

faibles apports de la fumure organique (825 kg/ha sur maïs) liés davantage à sa faible capacité de stockage de la fumure se traduisant par un déficit céréalier et fourrager en cas d'année défavorable (Figures 2a et 4c).

Tableau 1. Caractéristiques du scénario S0 pour les six exploitation.

Exploitation	A1	A2	AE1	AE2	E1	E2	
Nombre d’actifs	8	4	45	11	5	4	
Capacité stockage du fourrage (kg)	1 500	450	2 250	2 250	1 650	7 800	
Capacité stockage de la fumure organique (kg)	2 000	1 500	60 000	3 300	1 500	4 500	
Surface de coton (ha)	0	0	25	7	0	0	
Surface de maïs (ha)	2,5	1,5	15	4	3	2,25	
Surface de sorgho (ha)	2,5	0,75	3	0,5	0	1	
Surface légumineuses (ha)	1	0,25	0,5	0,5	0	0,25	
Surface culture fourragère (ha)	0	0	0	0,5	0	0,25	
Proportion résidus de céréales récoltés (%)	13	13	13	13	13	25	
Proportion résidus légumineuses récoltés (%)	100	0	0	100	0	100	
Stock fumure organique par ha de maïs (kg/ha)	800	1 000	4 000	825	500	2 000	
Nombre de bovins de trait	2	2	7	6	4	2	
Nombre de bovins d’élevage	0	0	15	2	25	25	
Nombre de petits ruminants	10	5	8	2	5	6	
Stock de fourrage par UBT (kg/UBT)	441	155	152	250	111	520	
Devenir des déjections BT	SP/SSF/SSC	FFF	PNN	FPF	FFF	PPP	FPP
Devenir des déjections BE	SP/SSF/SSC	NNN	NNN	PPF	FFF	NPP	FPP
Devenir des déjections Bemb	SP/SSF/SSC	NNN	NNN	NNN	NNN	NNN	NNF
Achat de bœufs d’embouche	0	0	0	0	0	2	
Vente de bœufs d’élevage	0	0	0	0	2	2	
Vente de petits ruminants	0	0	0	0	2	2	
Vente de bœufs d’embouche	0	0	0	0	0	2	
Nombre de BT/BE/Bemb rationné en SSC	2/0/0	2/0/0	7/0/0	6/2/0	4/0/0	2/0/2	
Dose NPK sur maïs (kg/ha)	100	100	100	100	50	0	
Dose Urée sur maïs (kg/ha)	50	50	50	50	0	0	

SP : saison pluvieuse; SSF : saison sèche froide; SSC : saison sèche chaude; P : Parc; F : fosse; N : Néant; UBT : Unité Bovin Tropical; BT : bovins de trait; BE : bovins d'élevage; Bemb : bovins d'embouche.

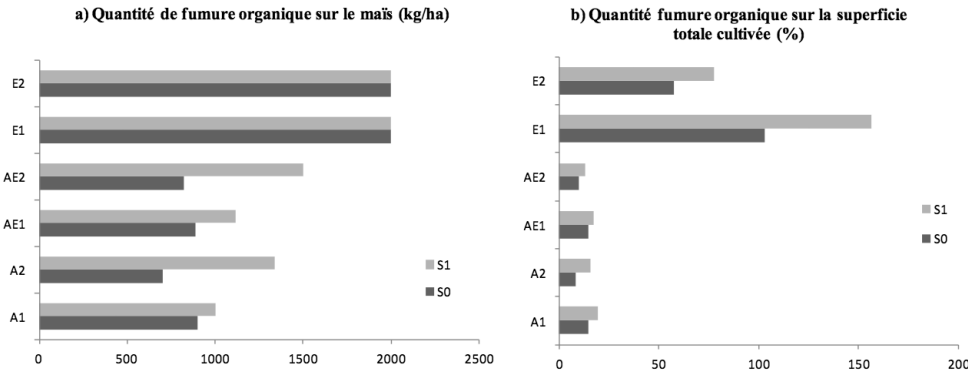


Figure 2. Différence de quantité de fumure organique entre les scénarios S₀ et S₁.

Chez les éleveurs, seule une faible partie de leur troupeau est alimentée en saison chaude à partir de leurs stocks fourragers ; ils sont donc fortement dépendants du disponible fourrager à l'échelle du village. Ils peuvent néanmoins produire suffisamment de fumure organique pour couvrir les besoins de leurs cultures compte tenu de leurs faibles surfaces (Figure 2a). E2 a mis en place un atelier d'embouche de 2 à 3 bovins depuis plus de 5 ans pour diversifier ses sources de revenu. Cette activité lui a permis d'améliorer son revenu par actif comparativement à l'éleveur E1, mais elle nécessite plus de stocks fourragers et malgré sa grande capacité de stockage des résidus et la production de fourrages cultivés, son bilan fourrager est déficitaire en année défavorable (Figure 3c).

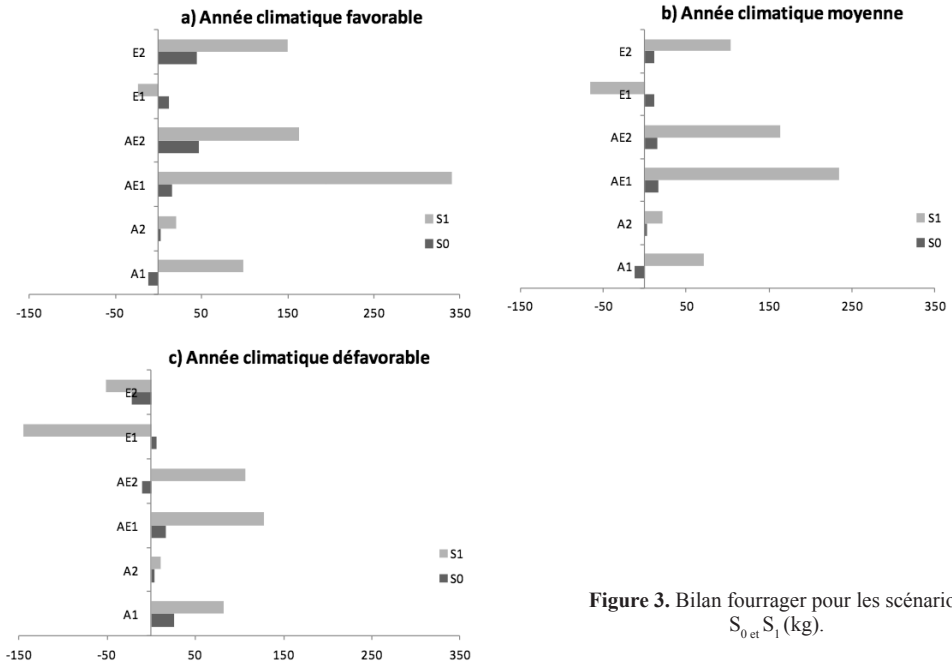


Figure 3. Bilan fourrager pour les scénarios S_0 et S_1 (kg).

3.2. Co-construction des scénarios projets avec les producteurs (S_1)

Les scénarios projets co-construits avec les producteurs visent à répondre aux difficultés diagnostiquées à travers la simulation de S_0 . Les agriculteurs et agro-éleveurs visent ainsi à augmenter la production de fumure organique. Cependant, les pistes envisagées diffèrent d'un producteur à l'autre (Tableaux 2 et 3). A1 compte passer par des achats extérieurs de fumure, et une augmentation des quantités de fumure produites sur l'exploitation et stockées. Pour ce faire, le producteur envisage de construire une fosse fumièr, d'augmenter les capacités de stockage de fourrage et de ramasser plus de paille pour augmenter le temps de présence des animaux en stabulation et les effectifs de bœufs de trait qui permettront également d'améliorer les capacités de travail. A2 et AE1, qui disposent d'un nombre plus élevé d'animaux et de capacités de stockage de fumure par hectare de maïs supérieures, souhaitent essentiellement augmenter le temps de présence des animaux en stabulation en augmentant leurs capacités de stockage fourrager. AE1 envisage en outre l'introduction de *Mucuna deeringiana* à la fois pour son rôle sur la fertilité du sol, et pour alimenter les animaux d'un nouvel atelier d'embouche. À surface cultivée égale, cela implique alors de diminuer sa surface en coton. AE2 compte augmenter la production de fumure organique par la production de compost, le parage des animaux directement sur les parcelles, et l'augmentation de la capacité de stockage de fourrage en combinaison avec la production de *Mucuna deeringiana* pour augmenter son offre fourragère.

Tableau 2. Variation des valeurs des entrées entre S_0 et S_1 pour les 6 exploitations.

Exploitations	A1	A2	AE1	AE2	E1	E2
Capacité stockage du fourrage (%)	+100	+567	+300	+80	+355	+35
Capacité stockage de la fumure organique (%)	+50	+200	0	+36	0	0
Surface de coton (%)	0	0	-32	-21	0	0
Surface de maïs (%)	+20	0	-7	-25	-50	-11
Surface de sorgho (%)	-40	0	0	0	0	-50
Surface de légumineuse (ha)	0	0	0	0	+0,75	+0,75
Surface de culture fourragère (ha)	+0,5	0	+2	+1	+0,75	+1,25
Proportion résidus de céréales récoltés (%)	+25	+38	+13	+25	+25	+50
Proportion résidus légumineuses récoltés (%)	+100	0	+100	+100	+100	+100
Stock fumure organique par ha de maïs (%)	+25	+200	+7,2	+82	+50	+13
Nombre de bovins d'embouche	0	0	15	2	22	20
Stock de fourrage par UBT (kg/UBT)	880	1 049	246	450	328	553
Devenir des déjections BT	SP/SSF/SSC	Id	Id	Id	Id	PSP
Devenir des déjections BE	SP/SSF/SSC	Id	NSN	Id	Id	PSP
Devenir des déjections Bemb	SP/SSF/SSC	Id	Id	NNP	Id	NNS
Achat de petits ruminants	+4	0	0	0	0	0
Achat de bovins d'embouche	0	0	+3	0	0	0
Vente de bovins d'élevage	0	0	0	0	+1	2
Vente de petits ruminants	+4	+2	0	0	0	0
Vente de bovins d'embouche	0	0	+3	0	+2	0
Nombre de BT/BE/Bemb rationné en SSC	0/0/0	0/0/0	0/0/3	0/0/0	0/22/2	0/10/2
Dose NPK sur maïs (kg/ha)	150	150	150	150	150	150
Dose urée sur maïs (kg/ha)	100	100	100	100	100	100

Id : identique.

Tableau 3. Différentes stratégies d'intégration agriculture – élevage envisagées par les exploitants.

Type changement	Activités à mener	A1	A2	AE1	AE2	E1	E2
Structurel	Achat de bœuf de trait						
	Construction de fosse à compost						
	Construction d'un fenil pour augmenter la capacité de stockage de la paille						
	Mise en place d'un parc à bétail						
Stratégique	Augmentation capacité stockage fourrage						
	Introduction d'une sole fourragère						
	Introduction d'une sole de légumineuse						
	Introduction atelier d'embouche bovine						
	Réduction de l'effectif du troupeau						
	Introduction de la jachère dans l'assolement						
Tactique	Augmentation taux remplissage fosse						
	Augmentation dose d'apport de fumure minérale sur le maïs						
	Achat de fumier auprès des éleveurs						
	Réduction de la superficie en coton						
	Augmentation de la sole fourragère						
	Apport de fumure minérale sur le maïs						

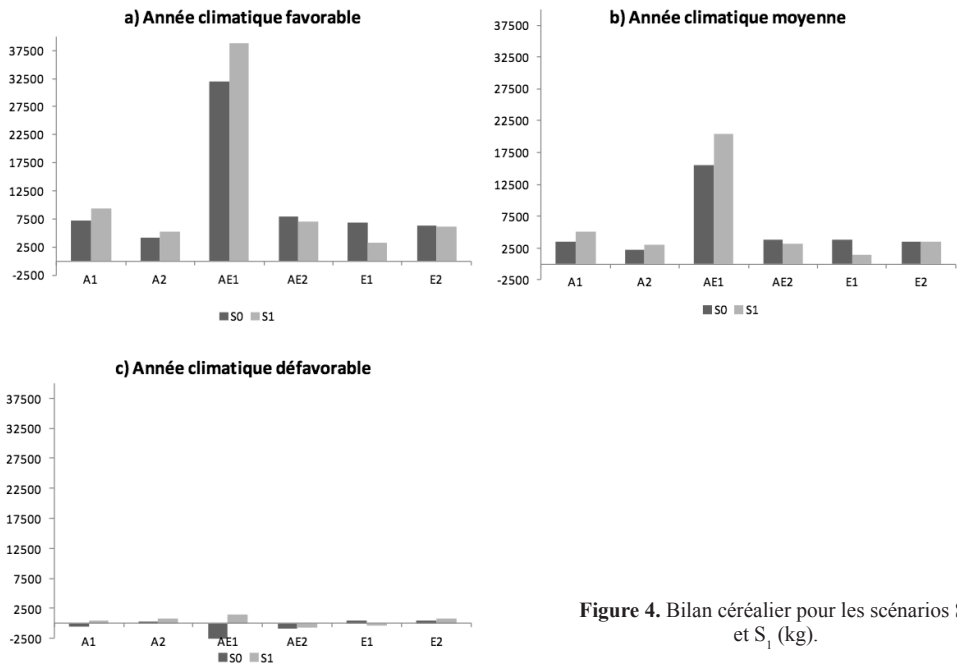


Figure 4. Bilan céréalier pour les scénarios S_0 et S_1 (kg).

Chez les éleveurs, les scénarios co-construits visent à augmenter les quantités de fourrages produites par UBT sur l'exploitation. Les pistes envisagées dans ces deux cas de figure sont identiques à savoir une diminution des effectifs animaux pour diminuer la demande fourragère, l'augmentation des capacités de stockage de fourrage, l'introduction de cultures fourragères (*Mucuna deeringiana*) et de niébé chez le premier, l'augmentation des surfaces existantes de *Mucuna deeringiana* chez le second.

Chez quatre producteurs (A1, A2, AE1, E1), les discussions ont conduit à lier ces changements préconisés avec l'introduction d'un atelier d'embouche pour diversifier les sources de revenu, et valoriser les stocks fourragers.

L'ensemble des producteurs ont, afin d'augmenter leur production agricole, planifié une augmentation des doses d'apports de fumure minérale (NPK et Urée) sur le maïs. Les rendements de cette culture ont été modifiés en conséquence dans les scénarios projet.

3.3. Effets du scénario projet sur l'intégration agriculture-élevage

S_1 permet d'améliorer les bilans fourragers des agriculteurs et agro-éleveurs quelle que soit l'année climatique malgré l'introduction de l'embouche chez AE1 (Figure 3). Ce résultat est lié à l'augmentation de la capacité de stockage du fourrage et des quantités stockées chez l'ensemble des producteurs ainsi que l'introduction de cultures fourragères.

Le surplus fourrager et les refus permettent d'augmenter les apports de fumure par hectare de maïs pour les agriculteurs et agro-éleveurs, mais ces apports restent inférieurs aux préconisations des structures de vulgarisation (Figure 2a). Ces apports de fumure organique ne dépassent pas 20% de la surface totale cultivée à raison de 2 tonnes par hectare (Figure 2b). Ils permettent néanmoins d'améliorer les bilans céréaliers en année climatique défavorable (Figure 4c), excepté

pour AE2 du fait de la diminution du quart de sa surface initiale en maïs. Cette amélioration des bilans céréaliers est aussi liée à l'augmentation des apports de fumure minérale sur la culture du maïs.

Une amélioration des revenus des agriculteurs et agro-éleveurs est observée en années favorable et moyenne (Figures 5a et 5b). Cette variation positive est due à la diversification des sources de revenu par l'introduction d'embouche ovine et bovine dans les exploitations et par l'augmentation de la production végétale permise par les apports de fumure organique et minérale. L'amélioration des bilans céréaliers constatée en année climatique défavorable demeure cependant insuffisante pour supporter l'ensemble des charges engendrées par les achats d'engrais minéraux entraînant ainsi une baisse des revenus (Figure 5c).

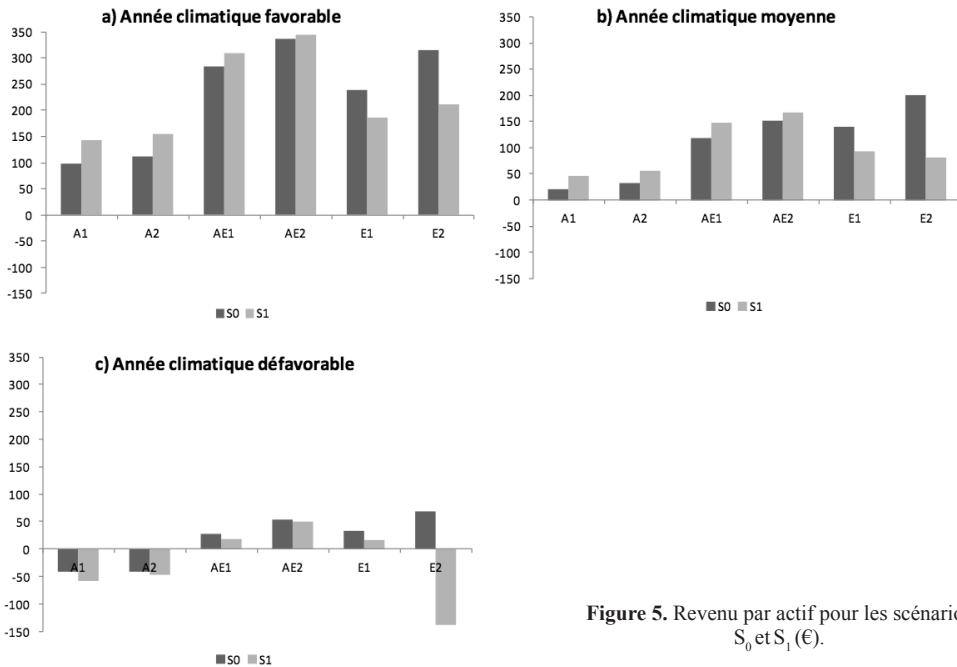


Figure 5. Revenu par actif pour les scénarios S_0 et S_1 (€).

Chez E1, la sédentarisation du troupeau entraîne une augmentation des besoins en fourrages non compensée par l'augmentation des stocks et de la surface fourragère (Figure 3). Cette situation conduit à un bilan fourrager négatif pour les trois types d'année simulée. La baisse des surfaces de céréales au profit de la culture fourragère se traduit par une diminution du bilan céréalier qui devient négatif en année défavorable. Cette baisse des bilans céréaliers et fourragers conduit à des revenus plus faibles (Figures 4 et 5), le déficit fourrager conduisant à des achats de tourteaux de coton. Ce processus se retrouve chez E2 uniquement en année climatique défavorable.

3.4. Évaluation par les producteurs des différents changements entre S_0 et S_1 et suivi des pratiques

Pour passer de S_0 à S_1 , les exploitants doivent mettre en œuvre certains changements dans l'exploitation. Ainsi, l'agriculteur A1 et les deux agro-éleveurs doivent mettre en œuvre des changements structurels par la construction de fosse à compost (A1), de fenil (AE1) et de parc

à bétail au champ (AE2) (Tableau 3). La mise en place de ces changements est jugée difficile par le producteur A1, car onéreuse. Ces changements structurels sont moins difficiles pour les producteurs AE1 et AE2 qui ont des capacités d'investissement supérieures.

Les changements d'ordres stratégiques et tactiques concernent les six producteurs qui ont tous prévu dans le court terme une augmentation des stocks de fourrage et de la production de fumure organique. Ces changements sont jugés difficiles à mettre en œuvre par les deux éleveurs E1 et E2 car ils supposent une rupture avec leurs savoirs et pratiques de gestion du troupeau. Les changements d'ordres stratégiques et tactiques sont jugés plus faciles à mettre en œuvre chez les agriculteurs et agro-éleveurs. Quelques difficultés apparaissent néanmoins. Elles sont liées à la possibilité d'acquérir un crédit pour ceux désirant faire de l'embouche bovine (AE1) ou acheter du fumier (A1, A2, AE1), à la mobilisation des membres actifs de l'exploitation autour de la collecte de fumure organique et du fourrage (A1, A2, AE1) ou pour la conduite de la sole fourragère.

Une mise en œuvre effective des changements d'ordre stratégique et tactique a été observée dès la première campagne agricole ayant suivi l'intervention chez les producteurs (situation à $n + 1$, Figure 6). Ainsi, on note une augmentation réelle de la production de fumure organique chez 5 des 6 producteurs entre la situation initiale et la situation à $n + 1$. A2 a introduit une culture fourragère dans son assolement et E2 a augmenté sa surface fourragère. En revanche, AE2 et AE1, ont respectivement diminué et supprimé la superficie en culture fourragère au profit du coton dont le prix d'achat au producteur a augmenté et le prix des intrants diminué. Le manque de main-d'œuvre a également été souligné par AE2. Une augmentation des doses d'apports de fumure minérale sur le maïs est également observée.

4. Discussion

4.1. Faisabilité de l'intégration agriculture-élevage pour les petits producteurs

L'intégration agriculture-élevage la plus pratiquée actuellement par les producteurs prend la forme d'un transfert de faibles quantités de biomasse végétale vers les animaux de trait utilisés pour les travaux champêtres. Ces bœufs de trait produisent en retour de faibles quantités de fumure animale utilisée pour la fertilisation des cultures. Cette pratique est courante depuis l'introduction de la traction animale dans les exploitations agricoles (Vall et al., 2003) mais ne permet pas d'atteindre les deux tonnes à l'hectare sur les parcelles de maïs préconisées par la recherche (Traore et al., 2007).

Face à la baisse de la production agricole constatée ces dernières années et due à la quasi disparition de la jachère et à la saturation du foncier, deux stratégies se font jour conduisant aux mêmes pratiques de stockage de la biomasse produite et de stabulation des animaux sur l'exploitation pendant la saison sèche chaude. Les agriculteurs et les agro-éleveurs visent explicitement à produire de la fumure organique pour améliorer la fertilité de leurs sols, alors que les éleveurs, qui disposent d'une charge animale élevée par hectare cultivé, cherchent à mieux alimenter leur troupeau et à réduire leur mobilité, source de dépenses énergétiques et de conflits avec les autres types de producteurs.

Pour justifier un stockage accru de fourrage et rentabiliser l'effort consenti pour collecter plus de biomasse, les projets formulés par les producteurs doivent inclure des activités génératrices de revenu pour l'exploitation telles que l'embouche ovine et bovine (Okike et al., 2005 ; Basu, Scholten, 2012). Cette tendance se retrouve bien dans les projets des agriculteurs et agro-éleveurs étudiés, qui leurs permettent en général d'améliorer leur bilan céréalier tout type d'année confondue et leur revenu par actif lors d'année climatique favorable ou moyenne. En année climatique défavorable, le surplus céréalier ne compense pas l'achat d'engrais entraînant ainsi une baisse du revenu par actif et rendant le système plus vulnérable.

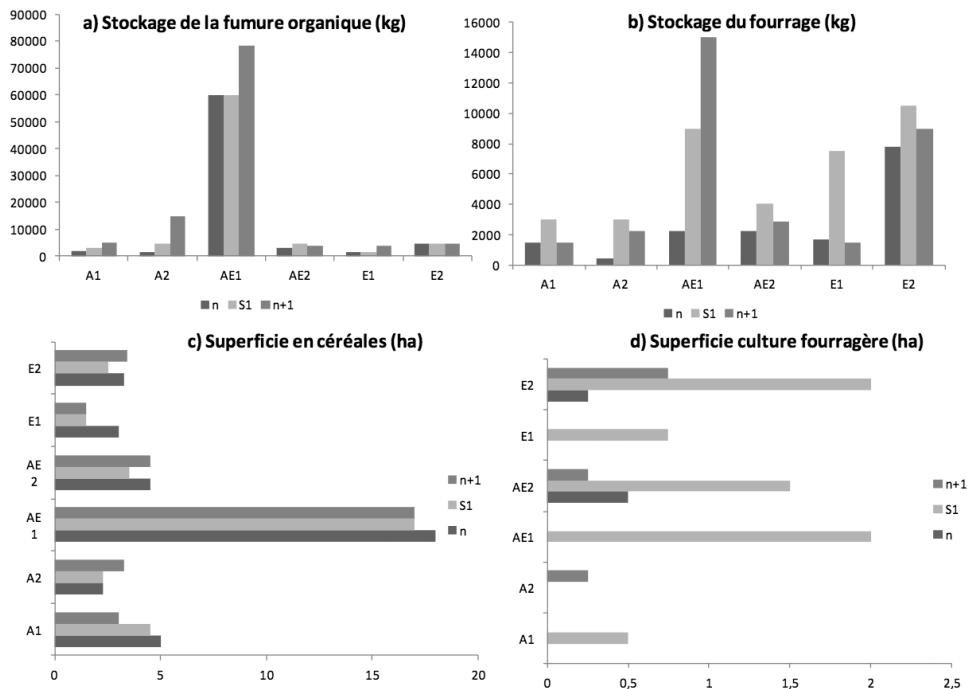


Figure 6. Scenario et pratiques réelles des différents producteurs.
n : situation initiale; **S₁** : co-conception de scenario; **n + 1** : pratiques réelles.

En outre les importants changements d'ordres structurels, stratégiques ou tactiques envisagés ne permettent pas d'augmenter significativement la part de la surface cultivée fertilisée organiquement selon les préconisations des structures de vulgarisation. Cette insuffisance de matières organiques peut influencer la durabilité de ces exploitations. De plus, les difficultés perçues par les agriculteurs et agro-éleveurs pour mettre en œuvre ces changements interrogent sur la faisabilité de l'intégration agriculture-élevage dans leurs exploitations (van Wijk et al., 2009). Nos résultats montrent donc les limites de cette voie dans un contexte où l'élevage demeure une activité économique encore peu développée en l'absence de filières organisées, notamment pour l'embouche ou la production laitière. Les stratégies testées combinent usage de fumure organique et d'engrais minéraux à des doses relativement faibles. L'augmentation des apports d'engrais minéraux offre des perspectives pour améliorer la productivité de ces systèmes intégrés mais avec le risque d'augmenter leur vulnérabilité.

Chez les éleveurs, l'amélioration de l'alimentation fourragère du troupeau et la réduction de la mobilité nécessitent une réduction des effectifs et une augmentation des quantités de fourrages produites et stockées. Ces évolutions sont en contradiction avec leurs pratiques existantes. Mais elles sont en accord avec leur perception grandissante que leur conception traditionnelle de l'élevage, basée sur l'accumulation d'animaux pour le prestige social et la mobilité pour pallier à l'insuffisance, à l'hétérogénéité et à la dispersion des ressources fourragères et de l'eau d'abreuvement, ne peut perdurer (Mohamed Saleem, 1998 ; Okike et al., 2005). Avec l'augmentation de la population dans les zones d'accueil des troupeaux et les contraintes familiales liées à la scolarisation des enfants, les pistes envisagées par les éleveurs nécessitent non seulement des changements de pratiques dans la gestion du troupeau mais aussi des changements de représentations sociales sur leur métier et sur leur propre identité. La disparition de la mobilité du troupeau pourrait en outre avoir des implications sur les autres

types de producteurs et l'ensemble des flux de biomasse à l'échelle du territoire villageois. En effet, la mobilité favorise les échanges entre producteurs pour la vente d'animaux, de lait, et les contrats de fumure organique (Smaling, Dixon, 2006).

4.2. Intérêts et limites méthodologiques

La démarche utilisée dans cette étude se base sur un outil de simulation ad-hoc et la mise en évidence de tendances entre scénarios. Cette approche se fonde sur un certain nombre de simplifications afin de favoriser la bonne compréhension des sorties par les producteurs. Ainsi les références utilisées ne tiennent pas compte de la diversité des types de sols, ou des teneurs réelles en nutriments des fumures et fourrages des exploitations. De même, les relations entre niveau de fertilisation, rendement et année climatique sont fondées sur des connaissances d'expert et non sur des relations mécanistes telles qu'on peut les trouver dans certains modèles de culture (Keating et al., 2003).

La démarche de co-construction des scénarios constitue un support de discussion entre le producteur et le chercheur (van Wijk et al., 2009 ; Casagrande et al., 2010). Elle a permis aux producteurs d'analyser de façon systémique les problèmes qu'ils rencontrent au sein de leur exploitation, de définir des solutions pour y remédier et de les comparer en évaluant leur faisabilité (Le Gal et al., 2012) qui varie fortement en fonction des caractéristiques structurelles propres à chaque exploitation. Cet exercice de modélisation participative (Andrieu et al., 2012) leur a permis de mieux raisonner la planification stratégique de leurs activités agropastorales, avant une phase d'expérimentation en vraie grandeur des options leur paraissant les plus intéressantes et les plus faisables à court terme. Ce processus d'interaction avec les producteurs a permis aux chercheurs de mieux comprendre leurs stratégies et contraintes face à des propositions tendant à voir l'intégration agriculture-élevage comme une voie prometteuse vers une meilleure durabilité de ces exploitations.

5. Conclusion

Basée sur une interaction entre chercheurs et producteurs, cette étude a permis d'identifier des scénarios d'augmentation des quantités de biomasses animale et végétale transférables dans les systèmes de production mixtes agriculture – élevage afin d'améliorer leur production. Les exploitations à forte composante agricole (agriculteurs et agro-éleveurs) se sont orientées vers des scénarios permettant une augmentation de la production végétale par l'augmentation et la valorisation de la biomasse animale produite en interne, voire achetée. Les éleveurs ont imaginé des projets allant dans le sens d'une réduction de la taille de leur troupeau et d'une introduction de cultures fourragères dans l'assolement, en articulation avec une augmentation de la capacité de stockage de la paille.

Ces scénarios permettent d'améliorer les bilans céréaliers, fourragers et économiques de certains producteurs. Néanmoins l'augmentation de la quantité d'apport de fumure organique à l'hectare chez les agriculteurs et agro-éleveurs reste trop faible pour espérer améliorer durablement la production végétale. Or ces scénarios nécessitent des changements structurels, stratégiques et tactiques qui mobiliseraient d'importants moyens financiers pour certains agriculteurs et agro-éleveurs, et une modification des modes de conduite du troupeau pour les éleveurs. L'intégration agriculture-élevage dans ce contexte présente donc des limites qui freinent la productivité agropastorale des exploitations à long terme.

Bibliographie

- Affholder F. et al., 2012. Ad Hoc Modeling in Agronomy: What Have We Learned in the Last 15 Years? *Agronomy Journal*, **104**, 735-748.
- Andrieu N. et al., 2012. Validating a whole farm modelling with stakeholders: Evidence from a West African case. *Journal of Agricultural Science*, **4**, 159-173.
- Basu P., Scholten B.A., 2012. Crop–livestock systems in rural development: linking India’s Green and White Revolutions. *International Journal of Agricultural Sustainability*, **10**, 175-191.
- Bationo A., Kihara J., Vanlauwe B., Waswa B., Kimetu J., 2007. Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agricultural Systems*, **94**, 13-25.
- Bernard J., Le Gal P.Y., Triomphe B., Hostiou N., Moulin C.H., 2011. Involvement of small-scale dairy farms in an industrial supply chain: when production standards meet farm diversity. *Animal*, **5**, 961-971.
- Bood R., Postma T., 1997. Strategic learning with scenarios. *European Management Journal*, **15**, 633-647.
- Boulet R., Leprun J.C., 1969. *Étude pédologique de la Haute-Volta. Région Est*. ORSTOM, Dakar, 331 p.
- Bradshaw B., Dolan H., Smit B., 2004. Farm-Level Adaptation to Climatic Variability and Change: Crop Diversification in the Canadian Prairies. *Climatic Change*, **67**, 119-141.
- Bunassols, 1985. *État de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso*. Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage, Ouagadougou, 47 p.
- Casagrande M. et al., 2010. Exploring options for sustainable farming systems development for vegetable family farmers in Uruguay using a modeling toolkit. In: *Nineth European IFSA Symposium, 4-7 July 2010, Vienna, Austria*, p. 463-469.
- Dugué P., Dongmo Ngoutsop A.L., 2004. Traction animale et association agriculture élevage dans les savanes d'Afrique de l'Ouest et du Centre. D'un modèle techniciste à une démarche d'intégration raisonnée à différentes échelles. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, **57**, 157-165.
- Gautier D., Ankogui-Mpoko G.F., Renoudji F., Njoya A., Seignobos C., 2005. Agriculteurs et éleveurs des savanes d'Afrique Centrale: de la co-existence à l'intégration territoriale. *L'Espace Géographique*, **3**, 223-236.
- Giller K.E., Rowe E.C., de Ridder N., van Keulen H., 2006. Resource use dynamics and interactions in the tropics: Scaling up in space and time. *Agricultural Systems*, **88**, 8-27.
- Herrero M. et al., 2010. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. *Science*, **327**, 822-825.
- Hilimire K., 2011. Integrated Crop/Livestock Agriculture in the United States: A Review. *Journal of Sustainable Agriculture*, **35**, 376-393.
- Hostiou N., Dedieu B., 2009. Diversity of forage system work and adoption of intensive techniques in dairy cattle farms of Amazonia. *Agronomy for Sustainable Development*, **29**, 535-544.
- Jansen H.G.P., 1993. Ex-ante profitability of animal traction investments in semi-arid Sub-Saharan Africa: Evidence from Niger and Nigeria. *Agricultural Systems*, **43**, 323-349.
- Jera R., Ajayi O.C., 2008. Logistic modelling of smallholder livestock farmers’ adoption of tree-based fodder technology in Zimbabwe. *Agrekon*, **47**, 379-392.
- Keating B.A., McCown R.L., 2001. Advances in farming systems analysis and intervention. *Agricultural Systems*, **70**, 555-579.
- Keating B.A. et al., 2003. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy*, **18**, 267-288.
- Le Gal P.Y., Bernard J., Moulin C.H., 2012. Supporting strategic thinking of smallholder dairy farmers using a whole farm simulation tool. *Tropical Animal Health and Production*, **44**, 13.

- Lhoste P., 2007. Sociétés pastorales et désertification au Sahel. *Bois et Forêts des Tropiques*, **293**, 49-59.
- Lompo F. et al., 2007. Influence à long terme des modes de gestion de la fertilité sur les états, les formes, les fractions et le bilan du phosphore d'un lixisol du Burkina en culture continue de sorgho. *International Journal Biological and Chemical Sciences*, **2**, 175-184.
- Manlay R.J., Ickowicz A., Masse D., Feller C., Richard D., 2004. Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget in a village of the West African savanna-II. Element flows and functioning of a mixed-farming system. *Agricultural Systems*, **79**, 83-107.
- Mohamed Saleem M.A., 1998. Nutrient balance patterns in African livestock systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **71**, 241-254.
- Muchagata M., Brown K., 2003. Cows, colonists and trees: rethinking cattle and environmental degradation in Brazilian Amazonia. *Agricultural Systems*, **76**, 797-816.
- Okike I., Jabbar M.A., Manyong V.M., Smith J.W., 2005. Ecological and Socio-Economic Factors Affecting Agricultural Intensification in the West African Savannas: Evidence from Northern Nigeria. *Journal of Sustainable Agriculture*, **27**, 5-37.
- Ouédraogo E., Mando A., Zombré N.P., 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **84**, 259-266.
- Petersen S.O. et al., 2007. Recycling of livestock manure in a whole-farm perspective. *Livestock Science*, **112**, 180-191.
- Powell J.M., Pearson R.A., Hiernaux P.H., 2004. Crop-livestock interactions in the west African drylands. *Agronomy Journal*, **96**, 469-483.
- Pretty J., Toulmin C., Williams S., 2011. Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, **9**, 5-24.
- Reij C.P., Smaling E.M.A., 2008. Analyzing successes in agriculture and land management in Sub-Saharan Africa: Is macro-level gloom obscuring positive micro-level change? *Land Use Policy*, **25**, 410-420.
- Schlecht E., Buerkert A., 2004. Organic inputs and farmers' management strategies in millet fields of western Niger. *Geoderma*, **121**, 271-289.
- Sere C., Steinfeld H., 1996. World livestock production systems: current status, issues and trends. *Animal Production and Health Paper*, **127**, 1-48.
- Smaling E.M.A., Dixon J., 2006. Adding a soil fertility dimension to the global farming systems approach, with cases from Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **116**, 15-26.
- Smith J.W., Naazie A., Larbi A., Agyemang K., Tarawali S., 1997. Integrated crop-livestock systems in sub-Saharan Africa: an option or an imperative? *Outlook on Agriculture*, **26**, 237-246.
- Sterk B. et al., 2006. Finding niches for whole-farm design models-contradictio in terminis? *Agricultural Systems*, **87**, 211-228.
- Tittonell P. et al., 2009. Beyond resource constraints – Exploring the biophysical feasibility of options for the intensification of smallholder crop-livestock systems in Vihiga district, Kenya. *Agricultural Systems*, **101**, 1-19.
- Traore O., Traore K., Bado B.V., Lompo D.J.P., 2007. Crop rotation and soil amendments: impacts on cotton and maize production in a cotton-based system in western Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **1**, 143-150.
- Vall E., Diallo M.A., 2009. Savoirs techniques locaux et pratiques : la conduite des troupeaux aux pâturages (Ouest du Burkina Faso). *Natures Sciences Sociétés*, **17**, 122-135.
- Vall E., Lhoste P., Abakar O., Dongmo Ngoutsop A.L., 2003. La traction animale dans le contexte en mutation de l'Afrique subsaharienne : enjeux de développement et de recherche. *Cahiers Agricultures*, **12**, 219-226.
- Vall E., Dugué P., Blanchard M., 2006. Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton. *Cahiers Agricultures*, **15**, 72-79.

AGRAR-2013:

**1st conference of African research
on agriculture, food, and nutrition.**

Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, June 4-6, 2013

**Agriculture and the challenges of food and nutrition in
Africa: the contributions of research in the cotton zone**

AGRAR-2013 :

**1^{re} conférence de la recherche africaine sur
l'agriculture, l'alimentation et la nutrition.**

Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 4-6 juin 2013

**L'agriculture face aux défis de l'alimentation et de la
nutrition en Afrique : quels apports de la recherche dans
les pays cotonniers**

**Michel Fok
Ousmane Ndoeye
Siaka Koné**

AGRAR-2013:
1st conference of African research on agriculture,
food, and nutrition.
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, June 4-6, 2013

AGRAR-2013 :
1^{re} conférence de la recherche africaine sur l'agriculture,
l'alimentation et la nutrition.
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 4-6 juin 2013

AGRAR-2013:
1st conference of African research on agriculture,
food, and nutrition.
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, June 4-6, 2013

**Agriculture and the challenges of food and nutrition in
Africa: the contributions of research in the cotton zone**

AGRAR-2013 :
1^{re} conférence de la recherche africaine sur
l'agriculture, l'alimentation et la nutrition.
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 4-6 juin 2013

**L'agriculture face aux défis de l'alimentation et de la
nutrition en Afrique : quels apports de la recherche
dans les pays cotonniers**

**Michel Fok,
Ousmane Ndoeye,
Siaka Koné**

2015



© 2015, LES PRESSES AGRONOMIQUES DE GEMBLoux, A.S.B.L.

Passage des Déportés 2 — B-5030 Gembloux (Belgique)

Tél. : +32 (0) 81 62 22 42 – Fax : +32 (0) 81 62 25 52

E-mail : pressesagro.gembloux@ulg.ac.be URL : www.pressesagro.be

D/2015/1665/138

ISBN 978-2-87016-138-8

Cette œuvre est sous licence Creative Commons. Vous êtes libre de reproduire, de modifier, de distribuer et de communiquer cette création au public selon les conditions suivantes :

- *paternité (BY) : vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'œuvre) ;*
- *pas d'utilisation commerciale (NC) : vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales ;*
- *partage des conditions initiales à l'identique (SA) : si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.*

À chaque réutilisation ou distribution de cette création, vous devez faire apparaître clairement au public les conditions contractuelles de sa mise à disposition. Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits sur cette œuvre. Rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint le droit moral de l'auteur.

Publié avec l'aide du Service publique de la Wallonie
(Aides à la promotion de l'emploi)